

Va

**OHJE JÄNNITETYN ELEMENTTISILLAN I
TYYPPIPIIRUSTUSSARJAN $L=12 \dots 30$ M
KÄYTTÄMISESTÄ**

**TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
SUUNNITTELUOSASTO**

Sss

TVH 722047

HELSINKI 1977

08
TIE-



77 577

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

SUUNNITTELUOSASTO

Sss

OHJE JÄNNITETYN ELEMENTTISILLAN I TYYPPIPIIRUSTUSSARJAN

L = 12...30 M KÄYTTÄMISESTÄ

Tämän ohjeen ja tyyppipiirustussarjan on laatinut Insi-
nööritoimisto Sormunen & Uuttu Ky TVH:n toimeksiannosta.

7.10.1977

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
1. SILLAN KÄYTTÖALUE	1
2. SILLAN KUVAUS	2
2.1 Mitat	2
2.2 Laakerointi	4
2.3 Viemäröinti	4
2.4 Reunapalkit	5
2.5 Pintarakenteet, kaiteet ja kosketussuojat .	5
2.6 Alusrakenteet	6
2.7 Laakerien vaihto	7
3. POIKKEAMAT TYYPPIPIIRUSTUKSISTA	8
3.1 Elementtipituudet	8
3.2 Ylösnostettujen punosten ankkurointikohta .	10
3.3 Hitsattujen verkkojen käyttö	10
4. SUUNNITELMAN LAATIMINEN	11
4.1 Suunnittelutyön laajuus	11
4.2 Yleissuunnitelma	11
4.3 Rakennesuunnitelma	12
5. PIIRUSTUSLUETTELO	15
6. SOVELLUTUSESIMERKKEJÄ	16
6.1 Laakerivaraukset	16
6.2 Muuttuva pituus	17
7. TYYPPISILTOJEN OMINAISTIETOJA	18
7.1 Yleistä	18
7.2 Suunnittelu	18
7.3 Pääkannattajaelementtien valmistus ja suunnittelu	20
7.4 Reunapalkkielementtien valmistus ja kuljetus	20
7.5 Sillan rakentaminen	21

1. SILLAN KÄYTTÖALUE

Tyyppipiirustussarjan esittämä elementtisilta soveltuu käytettäväksi jännevälialueella 12...30 m. Vakiojännite on porrastettu 2,0 m:n välein, mutta myös kaikki vakioelementtien väliin soveltuvat pituudet ovat mahdollisia. Sillan hyötyleveyydet voivat olla 4,5...13,5 metriä 1 m:n välein. Teiden risteyskulman tulee olla 62 GON tai suurempi. Useampi-
pienaukkoisissa silloissa on tarkoituksenmukaista valita kaikki silta-aukot yhtä pitkiksi, jolloin rakennekorkeus on sama jokaisessa aukossa.

Silta on suunniteltu Pohjoismaisten tiesiltojen kuormamääräysten 1971 (PKM 71) mukaiselle suunnittelukuormalle ja tarkistettu lisäksi Raskaalle erikoiskuormalle I (EK I), paitsi 4,5 m leveät sillat, joissa tarkistuskuormana on ollut Raskas erikoiskuorma II (EK II).

Silta muodostuu paikallavaletusta alusrakenteesta, sen vaaraan viereen asetetuista elementtipalkeista sekä palkkien päälle tehtävästä kansilaatasta ja päihin tulevista poikkipalkeista. Elementit ovat jännebetonia, kansilaatta ja poikkipalkit teräsbetonia.

Elementit toimivat kansilaatan telinekannattimina työn aikana. Kovetuttuaan laatta toimii yhdessä elementtien kanssa muodostaen ortotrooppisen liittorakenteen. Moniaukkoisessa sillassa laakeroidaan välituen kohdalla molemmat silta-aukot omilla laakereillaan niin, että aukot toimivat yksinkertaisina palkkeina, eikä sillalla ole jatkuvuutta. Tämän johdosta rakenne ei ole arka tukien painumille.

Liikuntasaumat välituilla ja maatuilla ovat vesitiiviitä saumarakenteita. Laakerointi on järjestetty jokaisen elementin alle asennettavilla kumilevy-laakereilla. Laakereiden vaihto tehdään yksi tukilinja kerrallaan nostaen.

2. SILLAN KUVAUS

2.1 Mitat

Sillan pituussuunnassa tyyppipiirustussarjan perustana on liikuntasaumaväli (= moniaukkoisen sillan välitukien keskiö-etäisyys), josta käytetään merkintää L. Tämä mitta, jota käytetään myös vastaavien elementtien tunnuksena, voi olla 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 ja 30 m. Yksittäisen elementin pituus on L - 20 cm ja laakerointikohtien väli on L - 60 cm. Tämä johtaa siihen, että yksiaukkoisen sillan laakerilinjojen väli on L - 60 cm ja moniaukkoisen sillan reunakentässä päätytuen laakerilinjan ja välituen keskilinjän väliksi tulee L - 30 cm.

Sillan poikkisuunnassa elementit sijoitetaan yhden metrin etäisyydelle toisistaan vierä viereen. Elementtien lukumäärä eri hyötyleveyksillä ilmenee taulukosta 1.

Taulukko 1. Elementtien lukumäärä eri hyötyleveyksillä

Hl (m)	Elementtien lukumäärä (kpl)
4,5	5
6,5	7
7,5	8
8,5	9
10,5	11
13,5	14

Sillan leveys voi olla myös jossainmäärin muuttuva, jolloin elementit asettuvat viuhkamaisesti. Elementtien keskinäinen etäisyys voi kasvaa 1000 mm:stä 1100 mm:iin. Nämä tapaukset on aina erikseen selvitettävä.

Rakennekorkeus, jolla tarkoitetaan laatan yläreunan ja elementin alareunan välistä mitta, on aukon keskellä L/20, mitan L ollessa 16 m tai sitä suurempi. Mitoilla L = 12 ja L = 14 metriä on rakennekorkeus aukon keskellä vakio 800 mm. Rakennekorkeus kasvaa tukia kohti 20...65 mm palkin pituudesta riippuen. Tarkat korkeudet näkyvät taulukosta 2. Paksumamalla kansilaattaa tukia kohti, kumotaan esijännityk-

sestä johtuva ylöspäin suuntautuva pysyvä käyristymä. Tällöin kansilaatan yläpinta on sillan valmistuttua suora tukilinjoiden välillä, elementtien alapinnan ollessa lievästi ylöspäin kaareva. Sillan ollessa kuperassa taitteessa, voidaan elementtien luonnollista kaarevuutta käyttää hyväksi. Samoin yksiaukkoisessa sillassa voidaan suunnittelijan harkinnan mukaan tehdä silta kuperana. Näissä tapauksissa kansilaatta tehdään tasapaksuna. Kantavan rakenteen korkeuteen on lisättävä pintarakenteiden kuten eristyksen, suojabetonin ja asfaltin paksuus, jos halutaan saada selville päällysrakenteen koko korkeus.

Taulukko 2. Sillan rakennekorkeus aukon keskellä = H ,
rakennekorkeus tuella = H_t ,
elementin korkeus = h .

L (m)	H (mm)	H_t (mm)	h (mm)
12	800	820	623
14	800	835	623
16	800	840	623
18	900	940	723
20	1000	1045	823
22	1100	1155	923
24	1200	1260	1023
26	1300	1365	1123
28	1400	1445	1223
30	1500	1550	1323

Elementtisillan vinous voi standardielementtejä käytettäessä olla 33 GON:a vastaten risteyskulmaa 67 GON. Elementit ovat suorita tai 11, 22 tai 33 GON vinoja. Näiden standardielementtien käyttö erilaisille vinouksille ilmenee taulukosta 3.

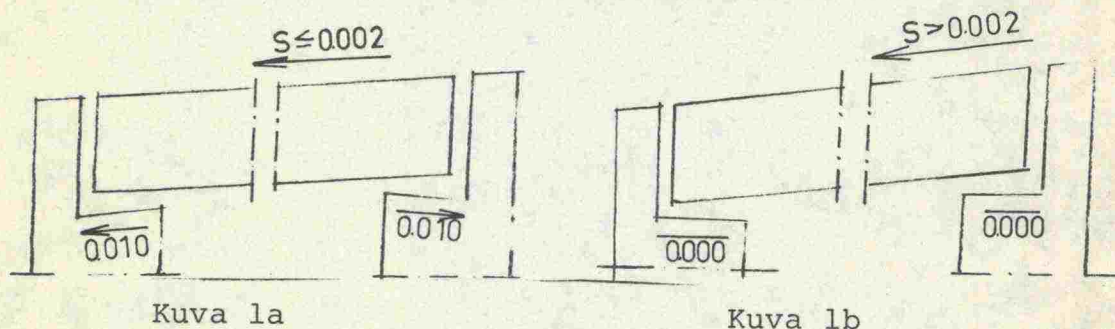
Taulukko 3. Sillan vinous eri risteyskulmilla

Teiden risteyskulma GON	Elementtien vinous GON
94 < α \leq 100	0
84 < α \leq 94	11
72 < α \leq 84	22
62 < α \leq 72	33

Sillan vaakakaarevuus ratkaistaan tekemällä silta monikulmiona siten, että tukilinjojen välisillä osilla sillan reunat ovat suorat. Kaide pyritään asentamaan kaarteeseen mukaan.

2.2 Laakerointi

Sillan päällysrakenne laakeroidaan kumilevylaakereilla. Laakerit asennetaan kohtisuoraan elementin pituusakselia vastaan piirustuksen Jbe I/3-5 mukaan. Tien pituuskaltevuuden ollessa korkeintaan 2 ‰, tulee laakerialustan olla taaksepäin 1 ‰ kallistettuna kuvan 1a mukaan. Tien pituuskaltevuuden ylittäessä 2 ‰ tehdään laakerialusta vaakasuoraksi, kuva 1b. Tällöin on elementtien alapintaan tehtävä varaukset kaltevuuserojen ja muodonmuutosten eliminoimiseksi. Suurin sallittu pituuskaltevuus on 4.5 ‰.



Sillan poikkisuunnassa laakeri on kallellaan päällysrakenteen mukaan. Jos silta on pääasiassa vain yhteen suuntaan kalteva, siihen on tehtävä liikerajaaaja piirustuksen Jbe I/5-1 mukaan laakereille tulevien vaakavoimien rajoittamiseksi.

2.3 Viemärointi

Siltakannelle kerääntyvät vedet johdetaan pintavesiputkilla ja päällysteen läpäisseet eristyksen päälle kerääntyvät vedet tippuputkilla kansirakenteen alapuolelle. Pintavesiputket on esitetty piirustuksessa Jbe I/5-3A. Putket sijoitetaan välituen kohdalle lähelle liikuntasamarakennetta välittömästi reunapalkin ja reunimmaisen elementin uuman väliin. Pintavesiputkea varten on reunimmaiseen elementtiin

tehtävä varaus. Vinoissa silloissa on putki sijoitettava niin, että varaus tulee elementin terävään kulmaan piirustuksen Jbe I/4-1A mukaan. Pintavesiputket päättyvät päällysrakenteen alapuolella, mistä vedet edelleen johdetaan väli-tuen poikkipalkkiin sijoitettua putkea pitkin tämän läpi. Alapuolelle tulevan putken tulee olla suurempi (\varnothing n. 200 mm) niin, että päällysrakenteella on liikevara. Tämän putken sijoitus alusrakenteeseen on otettava huomioon suunnittelussa.

Tippuputket tehdään TVL:n tyyppipiirustuksen 27/DT 1 mukaan. Niiden sijoitus ilmenee piirustuksista Jbe I/3-1A ja 2A. Tippuputket läpäisevät ainoastaan kansilaatan. Niiden alle elementin alalaipan päälle sijoitetaan peltikourut, jotka estävät putkista tulevan veden tippumasta suoraan elementeille. Koska tippuvesiä ei voida johtaa niistä talvisai-kaan muodostuvien jääpuikkojen takia ajoratojen yläpuolelle, tehdään näillä osilla olevien tippuputkien alle peltikourut niin pitkiksi, että vedet menevät ajoradan reunojen ulko-puolelle. Tämä on otettava huomioon kussakin sillassa erikseen.

2.4 Reunapalkit

Reunapalkit voidaan tehdä joko elementtirakenteisina, jälki-valettavina tai kansilaatan betonoinnin yhteydessä. Viime-mainittu tulee kyseeseen tapauksissa, joissa ajoradan pinta noudattaa elementtien kuperaa muotoa (kansilaatta on tasa-vahva). Vaihtoehtoista on laadittu piirustukset. Vaihtoehdot eroavat oleellisesti rakennustapansa ja kansilaattaan tule-vien tartuntojen puolesta toisistaan.

2.5 Pintarakenteet, kaiteet ja kosketussuojat

Eristykset, suojabetoni ja asfalttipäällyste tehdään käyttäen tavanomaisia ratkaisuja. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää piirustuksen 27/DA 1 mukaista betonipäällystettä. Sijoitta-malla kansilaattaan lisäksi paineentasausputket, voidaan

käyttää myös mastiks-eristystä (suojabetoniton rakenne).

Kaiteina käytetään TVH:n tyyppipiirustusten mukaisia kaiteita. Kaiteet kiinnitetään jälkivalulla reunapalkissa (ja kansilaatassa) oleviin varauksiin.

Sähköistetyt radat ylittävissä silloissa suositellaan käytettäväksi kaiteeseen kiinnitettävää kosketussuojaseinämää.

2.6 Alusrakenteet

Sillan alusrakenteet on suunniteltava yksilöllisesti kutakin siltaa varten siten, että ne pystyvät ottamaan kaikki päällysrakenteelta tulevat pysty- ja vaakavoimat. Lisäksi on alusrakenteet tehtävä niin jäykäksi, että niiden muodonmuutokset eivät aiheuta lisärasituksia päällysrakenteeseen.

Alusrakenteen suunnittelun helpottamiseksi annetaan päällysrakenteelta alusrakenteelle tulevat pysyvät laakerikuormat ja siirtymät taulukossa 4 (sivu 7). Tämän lisäksi on otettava huomioon sillan pituus- ja poikkisuuntaiset vaakakuormat, laakereista aiheutuvat vaakavoimat, lämpötilan muutokset jne.

Näkyviin jäävä osa kansirakenteen päädyssä olevista poikkipalkkeista voidaan ulkonäkösyistä muotoilla yhteensopivaksi alusrakenteen kanssa.

Siltaan sijoitettavat valaisinpylväät tulisi kiinnittää alusrakenteisiin.

Taulukko 4. Laakereille tulevat kuormat ja siirtymät

L	Elementin oma paino kN	Laatat+ muotit kN	Pintara- kenteet kN	Yhteensä kN	δ (mm)	δ^2 (rad)
12R	38.4	39.2	45.8	123.4	2.4	-6.8×10^{-3}
12E	38.4	36.2	21.5	96.1		
14R	44.9	45.5	53.2	143.6	3.2	-1.0×10^{-2}
14E	44.9	42.2	25.7	112.8		
16R	51.5	51.7	61.5	164.7	3.6	-1.1×10^{-2}
16E	51.5	47.4	29.8	128.7		
18R	66.9	58.8	69.6	195.3	4.0	-1.1×10^{-2}
18E	66.9	53.9	35.1	155.9		
20R	72.4	66.7	76.6	215.7	4.7	-1.1×10^{-2}
20E	72.4	61.2	39.8	173.4		
22R	90.6	75.0	83.0	248.6	5.5	-1.2×10^{-2}
22E	90.6	68.9	44.6	204.1		
24R	96.5	83.1	87.0	266.6	6.1	-1.2×10^{-2}
24E	96.5	76.5	48.5	221.5		
26R	117.6	90.5	89.3	297.4	6.5	-1.2×10^{-2}
26E	117.6	83.2	52.4	253.2		
28R	125.0	84.0	96.0	305.0	6.9	-1.1×10^{-2}
28E	125.0	74.0	57.0	256.0		
30R	149.0	96.0	103.0	348.0	7.2	-1.1×10^{-2}
30E	149.0	84.0	61.0	294.0		

Selitys:

12R = Reunimmainen pääkannattajaelementti, L = 12

12E = Keskimmäiset pääkannattajaelementit, L = 12

δ = Laakerille tuleva sillan pituussuuntainen siirtymä pysyvistä kuormista

δ^2 = Laakerille tuleva kiertymä pysyvistä kuormista

2.7 Laakerien vaihto

Jos kumilevylaakerien rikkoontumisen johdosta laakereita joudutaan vaihtamaan, silta-aukon toinen pää on kokonaisuudessaan nostettava vaihdon ajaksi. Nostolaitteita tulee olla vähintään 2 m:n välein. Ohjeet laakerien vaihdosta ja nostolaitteiden sijoitus ilmenee lähemmin piirustuksesta Jbe I/5-2A. Noston ajaksi liikennettä ei tarvitse katkaista.

3. POIKKEAMAT TYYPPIPIIRUSTUKSISTA

3.1 Elementtipituudet

Liikuntasaumavälin sattuessa piirustussarjassa esitetyn porrastuksen välille, tehdään tarvittava elementtipiirustus tyyppipiirustuksesta seuraavasti:

Kun elementin tunnuspituus on tiedossa, valitaan rakennekorkeus jänteen keskellä H sekä elementin korkeus h elementtipituutta lähinnä olevan elementin mukaan. Tarpeellinen jänneiden lukumäärä (n) jänteen keskellä saadaan kuvan 2 (sivu 9) esittämästä kuvaajasta $n = L/\gamma H$. Saatu lukumäärä pyöristetään lähimpään parilliseen. Jänteistä nostetaan 4 (neljä) kpl ylös nimellispituuden neljännespisteessä elementin päästä lukien.

Sillan ylöspäin suuntautuva kaareutuminen ja täten kansilaa-
tan vahvennus tuilla saadaan interpoloimalla piirustuksesta
Jbe I/3-1A. Alalaipan ja uuman haoitus pysyvät palkin päissä
muuttumattomina keskikohdalla olevan minimihaoitusosuuden
muuttuessa. Pysyvien kuormien laakerikuormat saadaan kerto-
malla "mallielementin" laakerikuormat tarvittavan pituuden
ja "mallipituuden" suhteella. Samoin sillan pituussuuntaiset
siirtymät. Kiertymien arvoina voidaan käyttää "mallielementin"
kiertymiä.

(Kts. 6.2)

KUVA 2.: KUVAAJA SUUREN ζ MÄÄRITTÄMISEKSI



3.2 Ylösnostettujen punosten ankkurointikohta

Elementtipiirustuksiin on merkitty ylösnostettujen punosten ankkuroinnin (taitteen) optimikohdat. Elementtien valmistajat saattavat esittää toivomuksiaan piirustuksista poikkeavista ankkurointikohdista. Näitä kohtia voidaan muuttaa taulukon 5 puitteissa. Siirron tulee tapahtua symmetrisesti ts. molempia ankkurointikohtia siirretään joko keskustaa tai tukilinjoja kohti yhtä paljon.

Taulukko 5. Ylösnostettujen punosten ankkurikohdan sallitut poikkeamat

L (mm)	Sallittu poikkeama tuelle päin (mm)	Sallittu poikkeama kentälle päin (mm)
12	500	1000
14	570	1140
16	640	1280
18	710	1420
20	780	1570
22	850	1710
24	920	1850
26	1000	2000
28	1070	2150
30	1150	2300

3.3 Hitsattujen verkkojen käyttö

Elementtien alalaipan ja uuman haat voidaan tehdä myös hitsatusta verkosta piirustuksen Jbe I/4-2 mukaan.

4. SUUNNITELMAN LAATIMINEN

4.1 Suunnittelutyön laajuus

Yksittäisestä siltakohteesta laaditaan yleissuunnitelma ja rakennesuunnitelma tarpeellisilta osilta tyyppipiirustusten lisäksi.

Alusrakenteet suunnitellaan aina yksilöllisesti ja ottaen huomioon siltapaikan olosuhteet. Päällysrakenteen suhteen käytetään valmiita piirustuksia joko sellaisenaan tai täydennettynä.

4.2 Yleissuunnitelma

Yleissuunnitelmaan kuuluu yleispiirustus, massaluettelo ja kustannusarvio.

Yleispiirustus laaditaan suunnittelussa noudatettavien yleisten periaatteiden pohjalta ottaen huomioon jännitetyn elementtisilta I:n erikoispiirteet, jotka ilmenevät piirustuksista ja tämän ohjeen alkuosasta. Tätä suunnitteluvaihetta varten on laadittu yleispiirustusmalli suoraa ja vinoa tapaista varten. Jos sillasta ei laadita siltakohtaista päällysrakenteen kokoonpanopiirustusta esitetään yleispiirustuksessa

- elementtien numerointi
- siltakannen kuivatus, pintavesiputkien ja tippuputkien sijoitus
- liikerajaajan tarpeellisuus ja sijoitus
- sillan ja elementtien vinous
- elementtiluettelo, jossa ilmoitetaan valmistettavien elementtien lukumäärät ja painot
- selvitys laakereista (koko, lukumäärä).
- maininta siitä, tehdäänkö silta ylöspäin kuperana vai tasataanko kuperuus kansilaatalla.

Suuremmista ja/tai vaikeimmista kohteista laaditaan siltakohtainen päällysrakenteen kokoonpanopiirustus, ettei yleispiirustuksessa jouduta esittämään liian monia asioita. Massaluettelo ja kustannusarvio laaditaan niistä annettujen ohjeiden mukaan.

4.3 Rakennesuunnitelma

4.31 Alusrakenne

Jännitetty elementtisilta I:n tyyppipiirustussarja rajoittuu päällysrakenteen osalle. Alusrakenteet suunnitellaan jokaiseen siltaan yksilöllisesti elementtipäällysrakenteen vaatimukset täyttäväksi.

Päällysrakenteelta alusrakenteelle tulevat kuormat ilmenevät edeltä kohdasta 2.6 ja laakeritasojen kallistukset kohdasta 2.2.

4.32 Päällysrakennepiirustusten käyttö sellaisinaan

Jos on kyse sillasta, jonka kohdalla tien pituuskaltevuus ei ylitä 2 ‰:a, voidaan piirustuksia käyttää sellaisinaan. Laadittavan yleispiirustuksen (ja mahdollisen siltakohtaisen kokoonpanopiirustuksen) lisäksi valitaan sopivat

- tyyppipiirustukset

kokoonpanosta ja laakeroinnista, (Jbe I/3...),
elementtipalkista ja tarvittaessa em. vinosta
päästä sekä hitsattujen verkkojen käytöstä (Jbe I/4...),
liikerajaajasta, laakereiden vaihdosta
ja pintavesiputkista (Jbe I/5...)
sekä

- yleiset tyyppipiirustukset

liikuntasaumasta, tippuputkista ja
reunapalkista (27/)

Erilaisten elementtien lukumäärät ilmoitetaan yleispiirustuksessa. Jos kuitenkin siltakohtainen kokoonpanopiirustus laaditaan, esitetään elementtien lukumäärät siinä yleispiirustuksen asemesta. Yleispiirustus ja siltakohtainen kokoonpanopiirustus numeroidaan siltakohtaisesti numeroinnista annettujen ohjeiden mukaan.

4.33 Päällysrakennepiirustusten käyttö täydennettynä

Kun tien pituuskallistus ylittää 2 ‰, joudutaan rakennepiirustuksia täydentämään. Täydennyksiä aiheuttavat lisäksi pintavesiputkien aiheuttamat varaukset ja elementtien vinoudet. Laadittavan yleispiirustuksen (ja mahdollisen siltakohtaisen kokoonpanopiirustuksen) lisäksi valitaan sopivat

- tyyppipiirustukset
 - kokoonpanosta ja laakeroinnista (Jbe I/3...),
 - elementin vinosta päästä sekä hitsattujen verkkojen käytöstä (Jbe I/4...),
 - liikeraajaajasta, laakerien vaihdosta
 - ja pintavesiputkista (Jbe I/5...)
 - sekä
- yleiset tyyppipiirustukset
 - liikuntasaumasta, reunapalkista ja
 - tippuvesiputkista (27/.....).

Elementtipalkin rakennepiirustusta täydennetään merkitsemällä siihen

- elementtien numerot
- laakerivarausten tasauskiilojen mitat taulukkoon vastaavine elementtinumeroineen. Elementin ylöspäin suuntautuvasta kaarevuudesta aiheutuvat laakerikiertymät on ilmoitettu taulukossa 4. Tämä samoin kuin sillan pituussuuntainen kaltevuus ts. korkeusero eri tukilinjoiden välillä on otettava huomioon 2×10^{-3} radiaanin tarkkuudella tasauskiilojen kaltevuutta määrättäessä. Tätä varten joutuu suunnittelija laatimaan laskelmat, (kts. sovellutusesimerkki).
- suuntanuolet elementtien päihin osoittamaan mille tukirakenteelle elementit sijoittuvat siltapaikalla
- elementtien päihin tulevat pintavesiputkivaraukset ja niiden paikat elementtinumeroineen
- vinojen elementtien ollessa kyseessä elementtien vinouskulmat ja suunnat.

Kun ylläolevat tiedot on täydennetty, on piirustus siltakohtainen, joten se numeroidaan siltakohtaiseksi. Tämän johdosta on myös nimiöön täydennettävä projektin ja sillan nimet sekä soveltajan nimi ja päiväys.

Elementtien lukumäärät ilmoitetaan yleispiirustuksessa tai yleispiirustuksen asemasta siltakohtaisessa kokoonpanopiirustuksessa, jos sellainen laaditaan.

5. PIIRUSTUSLUETTELO

Mallipiirustukset

N:o	Jbe	I/1-1A	Yleispiirustus, yksiaukkoinen suora maasilta
"	"	/1-2A	" , yksiaukkoinen vino vesistösilta
"	"	/1-3A	" , kolmiaukkoinen suora maasilta
"	"	/2-3A	Päällysrakenteen kokoonpanopiirustus, kolmiaukkoinen suora silta
"	"	/2-4	Elementtipalkki L = 18,0 m

Tyyppipiirustukset

N:o	Jbe	I/3-1A	Päällysrakenteen kokoonpanopiirustus, suora
"	"	/3-2A	" , vino
"	"	/3-3A	" raudoituspierustus , suora
"	"	/3-4A	" , vino
"	"	/3-5	Laakerointipiirustus
"	"	/4-1A	Elementtipalkki, vino pää
"	"	/4-2	Elementin rauditus hitsatusta verkosta
"	"	/4-12	Elementtipalkki, L = 12,0 m
"	"	/4-14	" , L = 14,0 m
"	"	/4-16	" , L = 16,0 m
"	"	/4-18	" , L = 18,0 m
"	"	/4-20A	" , L = 20,0 m
"	"	/4-22A	" , L = 22,0 m
"	"	/4-24A	" , L = 24,0 m
"	"	/4-26A	" , L = 26,0 m
"	"	/4-28	" , L = 28,0 m
"	"	/4-30	" , L = 30,0 m
"	"	/5-1	Liikeraaja
"	"	/5-2A	Laakereiden vaihto
"	"	/5-3A	Pintavesiputki

Rakennepiirustukset

	Elementtipalkki, L = 12,0 m
	" , L = 14,0 m
	" , L = 16,0 m
Numeroidaan	" , L = 18,0 m
ja täydenne-	" , L = 20,0 m
tään silta-	" , L = 22,0 m
kohtaisesti	" , L = 24,0 m
	" , L = 26,0 m
	" , L = 28,0 m
	" , L = 30,0 m

Yleiset tyyppipiirustukset

N:o	27/DC1 A	Liikuntasau
"	27/DR5-1	Reunapalkki, elementtirakenteinen
"	27/DR5-2	" , " , liikuntasau-
		man yhteydessä
"	27/DR5-3	" , "
"	27/DR5-4	" , "
"	27/DR6-1A	" , jälkivalu , asennus
"	27/DR7 A	"
"	27/DT1	Tippuputki

6. SOVELLUTUSESIMERKKEJÄ

6.1 Laakerivaraukset

Mallipiirustuksen Jbe I/1-3A esittämälle sillalle on laadittu yleispiirustuksen lisäksi siltakohtainen päällysrakenteen kokoonpanopiirustus Jbe I/2-3A ja elementtipiirustus L = 18.0 Jbe I/2-4, joka on täydennetty siltakohtaiseksi merkitsemällä siihen:

- laakerivarausten kallistukset
- pintavesiputkien varaukset
- elementin suunta.

Laakerivarausten kallistukset määrätään tien pituussuuntaisen kallituksen $\rho = \Delta h/L$ ja elementin pysyvän käyristymän mukaan.

Δh = TSV:n korkeusero tukilinjojen välillä.

Laakerivarausten kallistus $\xi = (d_i + 1 - d_i)/l$ ja tien pituussuuntainen kallistus yhteenlaskettuna pysyvään käyristymään saavat poiketa vain 2×10^{-3} ts.

$$(\xi + \rho + \gamma) = 2 \times 10^{-3}$$

d_i $d_i + 1$ = laakerivarauksen reunan korkeudet

l = laakerivarauksen pituus (350 mm).

TUKI	A		B				C				D		
ELEM.	1		-	9	10		-	12	19		-	27	
ρ	1.67		1.67		-1.67		-1.67		-5.56		-5.56		$\times 10^{-3}$
γ	11.1		-11.1		11.1		-11.1		11.1		-11.1		
$\rho + \gamma$	12.7		-9.4		9.4		-12.7		5.5		-16.7		$\times 10^{-3}$
	d1	d2	d3	d4	d1	d2	d3	d4	d1	d2	d3	d4	
di	7	3	3	6	6	3	3	7	5	3	3	9	
ε	-11.4		8.6		-8.6		11.4		-5.7		17.1		$\times 10^{-3}$
$\varepsilon + \rho + \gamma$	+1.3		0.8		-0.8		-1.3		-0.2		0.4		

Koska $\beta < 2$ % tukiväleillä AB ja BC, voidaan laakerivaraukset näiltä osin jättää pois edellyttäen, että laakerialusta kallistetaan taaksepäin 10 %. Yhdenmukaisuuden vuoksi on tässä tapauksessa kuitenkin tehty varaukset kaikkiin elementteihin.

6.2 Muuttuva pituus

Vanhoille alusrakenteille sopivat suorat elementit $L = 19.6 \text{ m}$.

- Rakennekorkeus

lähin pitempi elementti $L = 20,0 \text{ m}$, minkä korkeus $H = 1,0 \text{ m}$.

- Jänteiden lukumäärä n .

kuvasta 1. $\gamma = 0,87$

$$n = L/\gamma H = 19.6/0.85 \times 1,0 = 23,05, \quad \text{otetaan } 23 \text{ kpl}$$

- Ylösnostokohta

$$y = (L-600)/4 + 200 = 4\,950 \text{ mm elementin päästä lukien.}$$

- Kansilaatan vahvuus

jänteen keskellä 200 mm , tuella $200 + 51 = 250 \text{ mm}$.

- Jänteen keskellä tulee minimihaoitusosuuden pituudeksi

$$\text{alalaipassa } 3\,800 - 400 = 3\,400 \text{ mm}$$

$$\text{uudessa } 7\,800 - 400 = 7\,400 \text{ mm.}$$

- Laakerisuorat pysyvistä kuormista

$$\text{reunaelementti } N = 19,6/20 \times 215,7 = 211,4 \text{ kN}$$

$$\text{keskielementti } N = 19,6/20 \times 173,4 = 169,9 \text{ kN.}$$

- Siirtymät

$$\text{sillan suunnassa } \delta = 19,6/20 \times 4,7 = 4,6 \text{ mm}$$

$$\text{kiertymä } \gamma = -1,05 \times 10^{-2}$$

- Alusrakenne

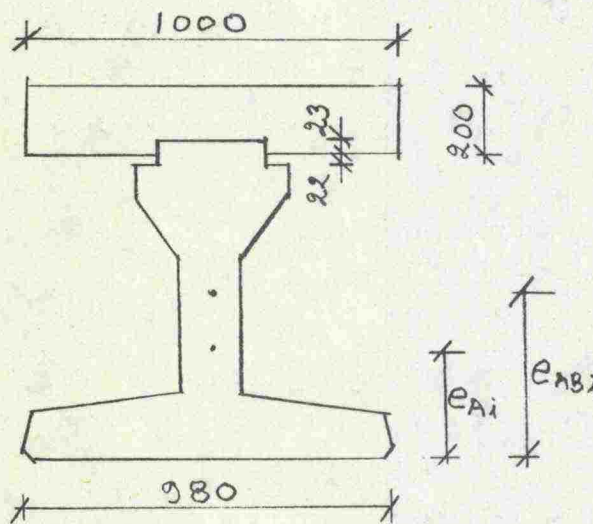
Alusrakenteen yläosassa on tehtävä elementtikannan vaatimat muutostoimenpiteet. Nämä rajoittuvat lähinnä laakeritasolle, maatuen takaseinän yläosaan, reunapalkkeihin ja liikuntasumaan.

7. TYYPPISILTOJEN OMINAISTIETOJA

7.1 Yleistä

Elementtisillan suunnittelun, elementtien valmistuksen ja sillan rakentamisen helpottamiseksi on seuraavassa tehty yhteenveto tyyppipiirustussarjan mukaisen suoran sillan ominaistiedoista.

7.2 Suunnittelu



Elementti

AK 45 kun $L < 20$ m

AK 50 kun $L \geq 20$ m

Laatta

AK 40

Jänneteräs

$\phi 12,7$ mm

$E_p = 2,0 \times 10^5$

$f_t = 1800$ N/mm²

$f_{pyk} = 1600$ N/mm²

Relaksaatio 2 % 1000 h:n ko-
keessa, kun $t = 20^\circ\text{C}$

$\sigma_0 = 1350$ N/mm²

Taulukko 6. Elementin poikkileikkausarvot ja kuormat

L	Punokset (kpl)	A_{Ai} (m ²)	e_{Ai} (m)	I_{Ai} $\times 10^{-2}$ (m ⁴)	A_{ABi} (m ²)	e_{ABi} (m)	I_{ABi} $\times 10^{-2}$ (m ⁴)	Q_{max} (MN)	M_{max} (MN)
12	14	0.266	0.232	1.062	0.447	0.423	3.511	0.284	0.715
14	18	0.268	0.231	1.068	0.448	0.421	3.533	0.311	0.759
16	20	0.269	0.231	1.071	0.449	0.421	3.544	0.327	0.803
18	22	0.310	0.286	1.725	0.490	0.476	4.844	0.341	0.999
20	24	0.302	0.310	2.302	0.472	0.524	6.192	0.354	1.177
22	28	0.343	0.373	3.390	0.513	0.582	7.970	0.365	1.341
24	30	0.336	0.392	4.135	0.506	0.631	9.918	0.373	1.519
26	32	0.377	0.463	5.751	0.547	0.693	12.24	0.380	1.688
28	32	0.369	0.478	6.627	0.539	0.739	14.62	0.380	1.756
30	34	0.409	0.554	8.862	0.579	0.804	17.59	0.380	1.929

- A_{Ai} = Elementin poikkipinta-ala (ideaaliarvo)
 e_{Ai} = Elementin painopisteen korkeus (ideaaliarvo)
 I_{Ai} = Elementin hitausmomentti ("-)
 A_{ABi} = Yhdistetyn poikkileikkauksen pinta-ala (ideaaliarvo)
 e_{ABi} = Yhdistetyn poikkileikk. painopist. korkeus (")
 I_{ABi} = Yhdistetyn poikkileikkauksen hitausmoment.(")
 Q_{max} = Maksimi leikkausvoima liikennekuormasta etäisyydellä
1/2·H tuelta elementtiä kohti.
 M_{max} = Maksimi taivutusmomentti liikennekuormasta kentässä
elementtiä kohti.

Taulukossa on ilmoitettu harvinaisen kuorman (EK I) suurimmat sallitut arvot keskimmaisille elementeille, mitkä ovat määrääviä. Reunaelementtien suurimmat sallitut arvot vaihtelevat reunapalkkityypistä riippuen. Erikoiskuorman rajoitetun epäkeskisyyden takia on tavallinen kuormitus mitoittava.

7.3 Pääkannattajaelementtien valmistus ja kuljetus

Taulukko 7. Elementtikohtainen massaluettelo

L	Paino (kN)	Pituus (m)	Korkeus (mm)	Teräs A400H (kg)					Runokset (kg)		Betoni (m ³)
				Ø6	Ø8	Ø10	Ø16	Yht.	Jänni- tetyt	Nosto- koukut	
12	77	11.8	623	20	77	225	81	403	121	5.5	3.1
14	90	13.8	623	22	86	247	94	449	182	5.5	3.6
16	103	15.8	623	25	92	271	107	495	232	5.5	4.1
18	134	17.8	723	32	102	313	120	567	287	6.1	5.4
20	145	19.8	823	31	110	326	133	600	349	6.6	5.8
22	181	21.8	923	38	120	370	146	674	448	7.2	7.3
24	193	23.8	1023	36	128	417	164	745	524	7.8	7.7
26	235	25.8	1123	44	132	492	176	844	605	12.6	9.4
28	248	27.8	1223	42	132	568	194	936	652	13.5	9.9
30	296	29.8	1323	51	138	614	207	1010	743	13.5	11.8

Betoni AK 45 kun L < 20 m
 " AK 50 kun L ≥ 20 m

7.4 Reunapalkkielementtien valmistus ja kuljetus

Taulukko 8.

Paino (kN)	Pituus (mm)	Betoni (m ³)	Teräs (kg)		
			Ø6	Ø16	yht.
7.5	1980	0.28	7	34	41

7.5 Sillan rakentaminen

Taulukko 9. Kansilaattojen muotit (m²)

L \ HL	4.5	6.5	7.5	8.5	10.5	13.5
12 A	33.7	50.5	58.9	67.3	84.1	109.4
B	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
C	49.7	66.5	74.9	83.3	100.1	125.4
14 A	40.5	60.8	70.9	81.1	101.4	131.9
B	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
C	59.1	79.4	89.5	99.7	120.0	150.5
16 A	46.2	69.2	80.7	92.3	115.4	150.1
B	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1
C	67.3	90.3	101.8	113.4	136.5	171.2
18 A	50.6	76.0	88.3	101.3	126.6	159.7
B	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
C	74.5	99.9	112.2	125.2	150.5	183.6
20 A	57.2	85.8	100.1	114.4	143.0	185.6
B	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8
C	84.0	112.6	126.9	141.2	169.8	212.5
22 A	63.2	94.8	110.6	126.4	158.0	205.1
B	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
C	93.2	124.8	140.6	156.4	188.0	235.1
24 A	69.7	104.6	121.9	139.4	174.2	226.5
B	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5
C	103.2	138.1	155.4	172.9	207.7	260.0
26 A	75.8	113.6	132.5	151.5	189.4	246.2
B	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5
C	112.3	150.1	169.0	188.0	225.9	282.7
28 A	82.2	123.4	143.9	164.4	205.5	267.2
B	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3
C	121.5	162.7	183.2	203.7	244.8	306.5
30 A	88.2	132.4	154.5	176.6	220.8	286.9
B	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1
C	130.3	174.5	196.6	218.7	262.9	329.0

A = Rakenteeseen jäävät muotit

B = Sivumuotit

C = Yhteensä

Huom! Työsaumaan jäävää pintaa ei ole huomioitu.

Taulukko 10.

Kansilaatan teräkset A400H (kg)

L \ HL	4.5	6.5	7.5	8.5	10.5	13.5
12 Ø10	908	1305	1420	1592	1934	2494
Ø12	120	167	190	213	260	341
Ø16	498	695	792	890	1086	1447
yht.	1526	2167	2402	2695	3280	4282
14 Ø10	1023	1408	1600	1793	2179	2812
Ø12	140	193	245	247	301	396
Ø16	565	787	890	1009	1231	1640
yht.	1728	2388	2743	3049	3711	4848
16 Ø10	1133	1559	1772	1985	2412	3113
Ø12	163	227	258	290	362	464
Ø16	649	903	1031	1158	1412	1882
yht.	1945	2689	3061	3433	4186	5459
18 Ø10	1261	1735	1972	2208	2683	3461
Ø12	182	253	288	324	395	519
Ø16	716	995	1127	1277	1557	2076
yht.	2159	2983	3387	3809	4635	6056
20 Ø10	1169	1604	1822	2040	2477	3169
Ø12	316	439	501	562	685	901
Ø16	1167	1623	1851	2080	2536	3380
yht.	2652	3666	4174	4682	5698	7450
22 Ø10	1271	1744	1981	2213	2692	3444
Ø12	350	486	554	622	758	996
Ø16	1284	1786	2037	2288	2790	3719
yht.	2905	4016	4572	5123	6240	8159
24 Ø10	1392	1910	2170	2429	2950	3766
Ø12	379	526	599	673	820	1078
Ø16	1385	1926	2196	2467	3008	4009
yht.	3156	4362	4965	5569	6778	8853
26 Ø10	1497	2054	2333	2611	3170	4056
Ø12	412	572	653	733	893	1174
Ø16	1502	2089	2382	2676	3262	4347
yht.	3411	4715	5368	6020	7325	9577
28 Ø10	1629	2197	2443	2803	3316	4232
Ø12	436	606	690	775	945	1242
Ø16	1612	2241	2555	2870	3499	4663
yht.	3677	5044	5688	6448	7760	10137
30 Ø10	1730	2334	2594	2977	3522	4487
Ø12	465	646	736	826	1007	1324
Ø16	1721	2392	2728	3064	3735	4978
yht.	3916	5372	6058	6867	8264	10789

Huom! Reunapalkkien vaatimat lisäteräkset puuttuvat.

Taulukko 11. Kansilaatan betoni AK 40 (m³)

L \ HL	4.5	6.5	7.5	8.5	10.5	13.5
12 A	13.9	19.3	22.2	25.0	30.3	38.7
B	14.3	19.9	22.8	25.7	31.2	40.0
14 A	15.7	21.9	25.0	28.2	34.5	43.9
B	16.4	22.9	26.0	29.2	35.7	45.5
16 A	17.7	24.7	28.2	31.8	38.8	50.1
B	18.4	25.8	29.2	33.0	40.2	51.9
18 A	20.1	28.0	31.9	35.9	43.7	55.6
B	20.8	29.0	33.1	37.2	45.3	57.6
20 A	22.5	31.4	35.8	40.8	49.1	62.5
B	23.2	32.6	37.1	41.7	50.9	64.8
22 A	24.8	34.6	39.4	44.3	54.1	68.8
B	25.8	35.9	41.1	46.0	56.2	71.5
24 A	27.3	38.0	43.6	48.8	59.6	75.6
B	28.4	39.5	45.1	50.7	61.9	78.5
26 A	29.5	41.8	47.0	52.8	64.5	82.1
B	30.7	42.8	48.9	54.9	67.1	85.4
28 A	31.9	44.6	51.0	57.4	69.9	89.0
B	33.2	48.2	52.8	59.4	72.5	92.2
30 A	34.2	47.9	54.6	61.4	75.0	95.3
B	35.5	49.7	56.6	63.7	77.8	98.8

A = Laatan paksuus, vakio 200 mm

B = Laatan vahveneminen tukia kohti huomioitu

Taulukko 12. Reunapalkki

L	Muotit (m ²)	Lisäteräkset			Betoni (m ³)
		Ø8	Ø20	yht. (kg)	
12	20	78	515	593	3.4
14	24	91	597	688	4.0
16	27	104	680	784	4.6
18	30	116	762	878	5.1
20	34	129	844	973	5.7
22	37	142	926	1068	6.3
24	40	155	1030	1185	6.8
26	44	167	1112	1279	7.4
28	47	180	1194	1374	8.0
30	50	193	1277	1470	8.5

Taulukko 13. Reunapalkki, jälkivalu

L	Muotit (m ²)	Teräs A400H (kg)				Betoni (m ³)
		Ø6	Ø12	Ø20	yht. (kg)	
12	26	49	66	515	630	3.8
14	31	57	77	597	731	4.4
16	35	65	87	680	832	5.0
18	39	73	98	762	933	5.6
20	44	81	108	844	1033	6.3
22	48	89	119	926	1134	6.9
24	52	97	129	1030	1256	7.5
26	57	105	140	1112	1357	8.1
28	61	113	150	1194	1457	8.8
30	65	121	161	1277	1559	9.4

Taulukko 14. Sillan reuna, elementtirakenteinen

L	Elementtejä (kpl)	Injektointi- laasti (m ³)	Jälkivalu (m ³)	Tartunta- kiert. (kpl)	Laatan lisä- teräs Ø10 A400H
12	12	0.10	0.17	48	101
14	14	0.11	0.19	56	117
16	16	0.13	0.22	64	135
18	18	0.14	0.25	72	151
20	20	0.16	0.28	80	168
22	22	0.18	0.30	88	185
24	24	0.19	0.33	96	202
26	26	0.21	0.36	104	219
28	28	0.22	0.39	112	235
30	30	0.24	0.41	120	252

HUOM! Elementin ja kansilaatan alle tulee 10 mm:n vahvuinen injektointilaastikerros.

